

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 20120051301974

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

野含笑挥发性气体 (VOCs)

及种群间信号传递的初步研究

Primary Study on VOCs Released by *Michelia*

skinneriana and Volatile Signaling in Plant-Plant Interaction

指导教师姓名: 李 振 基 教授

专 业 名 称: 植 物 学

论文提交日期: 2008 年 6 月

论文答辩时间: 2008 年 7 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: 郑 海 雷

评 阅 人: _____

200 年 7 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目 录

摘 要	1
Abstract	2
第一章 研究背景	4
1.1 引言	4
1.2 VOCs 在生态系统三级营养关系中的作用	4
1.3 多酚类物质在植物防御昆虫为害中的作用	12
1.4 VOCs 调控的植物间信号传递过程	13
1.5 课题目的与意义	16
第二章 日本龟蜡蚧对野含笑挥发性次生代谢物 VOCs 的诱导	17
2.1 材料和方法	17
2.2 实验结果	21
2.3 讨论	21
第三章 VOCs 调控的野含笑种群间的信号传递	26
3.1 材料与方法	26
3.2 实验结果	27
3.3 讨论	34
第四章 小结及工作展望	36
4.1 小结	36
4.2 展望	37
参考文献	38
致谢	44
研究生期间发表论文	45

附表 1 健康野含笑挥发性次生代谢物 VOCs 名称及化学结构表 (13: 00-15: 00)	46
附表 2 虫害野含笑新增加的 21 种 VOCs 成分名称及化学结构表 (13: 00-15: 00)	51

CONTECT

Abstract(in Chinese)	1
Abstract(in English)	2
Chapter 1 Background of study	4
1.1 Preface	4
1.2 The use of VOCs in nutritional relationship of plants-herbivores-natural enemies	4
1.3 The use of phenolics in plant's induced defence	12
1.4 VOCs signal in plant-plant interactions	13
1.5 The purpose and meaning of the experiment	16
Chapter 2 The VOCs of <i>Michelia skinneriana</i> induced by <i>Ceroplastes japonicus</i>	17
2.1 Materials and metals	17
2.2 Experimental results	21
2.3 Discussion	21
Chapter 3 The volatile signaling in plant-plant interactions in <i>Michelia skinneriana</i> population	26
3.1 Materials and metals	26
3.2 Experimental results	27
3.3 Discussion	34
Chapter 4 Conclusion and perspetive	36
4.1 Conclusion	36
4.2 perspetive	37
References	38
Acknowledge	44

Article published in the period of graduate study	45
Appendis 1 The composition and chemical configuration of VOCs released by healthy <i>Michelia skinneriana</i>(13:00-15:00).....	46
Appendis 2 The composition and chemical configuration of newly appeared VOCs released by insect-induced <i>Michelia skinneriana</i> (13:00-15:00)	51

摘 要

本课题主要研究了野含笑三种处理（健康树、近对照及虫害树）释放的 VOCs 成分及 VOCs 调控的野含笑种群间的信号传递。结果发现：三种处理野含笑释放的 VOCs 都是包含很多种成分的复杂混合气体。健康野含笑释放的 VOCs（13: 00-15: 00）TCT-GC-MS 分析后共分出 73 个峰，其中相对含量 0.05% 以上的成分 38 种，占 VOCs 总含量的 82.14%，含量较大的成分包括 2-甲基-1-丙醇、2-甲基-丙酸乙酯、己烷等。与含笑属其他种 VOCs 成分相比，野含笑 VOCs 中临苯二甲酸二甲酯、顺式-1-甲氧基-1-丁烯、乙酸-(z)-2-戊烯酯为首次报道。虫害野含笑 VOCs（13: 00-15: 00）中相对含量 0.05% 以上的成分为 56 种，与健康野含笑 VOCs 相比缺失 2 种，即己烷、十七烷；新增 20 种，其中烃类物质种类最多（5 种），且 1-己烷含量较高；同时在新增加的 20 种成分中，萜烯类物质含量很高，可知在野含笑中是烃类物质和萜烯类物质共同作用发挥了诱导化学防御的功能。

通过对三种处理野含笑叶片中多酚类物质相对含量的比较，发现健康的野含笑叶片内多酚类物质的含量很低，一般在 0.533 mg/g 左右，而近对照及虫害野含笑叶片中多酚类物质则达到了 1.033 mg/g 及 1.133 mg/g。这在一定程度上验证了多酚类物质与植物诱导防御反应有关，同时也表明近对照植株接受到了某种信号（这种信号包含了日本龟蜡蚧取食为害的信息），从而使体内多酚类物质含量提前增加，为即将到来的虫害做好准备。因相邻野含笑植株间相距较远，土壤内的根系接触可以排除，所以极有可能是 VOCs 在野含笑种群间起到了信号传递的作用。

在虫害野含笑 VOCs 新增加的 20 种成分中，乙烯、2-甲基-2-丙醇、1-己烯等，分子量小、挥发性高，在空气中浓度降低很快，无法传播很远的距离。而一些萜烯类如 MeSA、柠檬烯、雪松烯、 α -香柑油烯等分子量大、挥发性弱，起着长距离信息传递的作用。柠檬烯、1-己烯是近对照及虫害野含笑 VOCs 新增加的两种成分。这两种物质的相对含量日变化具有昼夜节律性，正午（13: 00-15: 00）和午夜（1: 00-3: 00）两时间段内出现小高峰，这表明在 VOCs 防御方面，野含笑可能是通过两种方式来加强正午和午夜时间段内的防御效应，一方面增加 VOCs 总的释放量，另一方面增加 VOCs 中某些成分的相对含量。

关键词：野含笑；VOCs；信号传递

Abstract

In this paper, *Michelia skinneriana* plants were labeled into three types: healthy, near-contrastive and insect-damaged. This paper mainly included two parts: the analyse of VOCs released by the above-mentioned three types of plants and volatile signaling interaction in *Michelia skinneriana* population. The results showed all the VOCs released by the three types were complicated compounds including various components. VOCs released by healthy *Michelia skinneriana* plants (13: 00-15: 00) contained 73 components, in those there were 38 components which hold a respective relative content above 0.05%, and their total content was 82.14%. Three components, that were 1-Propanol, 2-methyl and Propanoic, 2-methyl-, ethyl ester and hexane, were the first three toppest content components. Compared with other species of *Michelia*, Dibutyl phthalate, cis-1-methoxy -1-butene and (z)-2-penten-1-ol acetate were first reported in *Michelia skinneriana*. VOCs released by insect-damaged *Michelia skinneriana* (13: 00-15: 00) contained 56 components, compared with healthy plants, 2 (Hexane and Heptadecane) were missing and 20 components were newly appeared. Of the 20 newly appeared components, 5 kinds were hydrocarbons, of which the content of 1-hexene was relatively high. Besides, the content of terpenoids was also high. All the above results showed that hydrocarbons, as well as terpenoids, took an important part in inducing *Michelia skinneriana*'s chemical defense.

The phenolics' content in healthy *Michelia skinneriana*'s leaves was very low, at about 0.533 mg/g, whereas the content in near-contrastive and insect-damaged *Michelia skinneriana* plants were respectively 1.033 mg/g and 1.133 mg/g. To some degree, the results showed that the phenolics were associated with *Michelia skinneriana*'s induced chemical defense, and the near-contrastive plants apperceived a signal carrying the information of the damage of *Ceroplastes japonicus*. The signal made the near-contrastive plants got ready for the insect damage in advance by increasing the phenolics's content. The plants were far from each other, the root-root contact could be excluded, so it's probably that VOCs took a part in the volatile signaling in plant-plant interactions.

Of the 20 newly appeared components, ethylene, 2-Propanol, 2-methyl-, 1-hexene which were small highly volatile compounds, diffused rapidly in air, so they couldn't be transported further, while MeSA, Limonene, Cedrene and (E)- α -bergamotene which had comparatively slower dispersal, were more likely to function as signal over longer distance. Limonene and 1-hexene were two newly appeared components in near-contrastive and insect-damaged *Michelia skinneriana*

plants, their relative content had the same daily change current, that was rhythmicity. In a word, *Michelia skinneriana* enhanced its chemical defence mainly by means of two ways: one was increasing total mount of VOCs, the other was increasing the relative content of some special compounds.

Key words: *Michelia skinneriana*; VOC; volatile signaling interaction

第一章 研究背景

1.1 引言

植物进化过程非常复杂，既要招徕昆虫传粉、以不同形式传布种子，又要耐受极端的生态因子、机械损伤、昆虫取食等。在生存繁衍进程中，植物自身发展了很多保护措施，如有效的物理、化学和发育抗性机制。释放挥发性气体(volatile organic compounds, VOCs)是植物化学抗性机制的重要方式。植物非常“擅长”气体交换：树木可以通过从大气中吸收CO₂来形成森林。植物每年可以从大气中吸收120PG C的CO₂，这些CO₂中的一半通过呼吸作用又重新回到大气中。植物吸收的碳元素中36%以复杂的植物挥发性气体(VOCs)的形式释放出来。虽然小部分VOCs纯粹是代谢废物，但大部分VOCs可调节植物的授粉现象并抵御动物为害(Baldwin et al., 2006)。VOCs在生态系统中的作用非常重要，它不仅招徕传粉的昆虫，影响其寄主选择、产卵行为、择偶行为，近年来的研究还表明植物可以通过给予捕食动物食物奖励吸引捕食动物的到来，从而给草食动物造成压力，为我们的化学生态学研究指明了新的方向。

VOCs在植物间信号传递过程中也起着极其重要的作用。20年前研究人员意外发现：一些植物（接收者）防御昆虫为害的能力及次生代谢过程发生了变化，而这些植物是生长在被植食性昆虫取食为害的植株（释放者）附近的。因为在以往的实验中，空气间的信号交流可以很好地解释实验结果，所以上述研究人员意外发现的这个植物间信号传递的现象就被称为“植物间的谈话”。现在对VOCs在植物间信号传递中所起作用的研究已越来越多，也越来越深入。Baldwin等（1983）用白杨树苗做的实验发现受害株的气载信息素加快了邻近株的生物合成，他们后来推测（后已证明）这种物质是乙烯。Shonle和Bergelson（1995）发现当植物受到攻击时，植物体内诱导合成茉莉酸，茉莉酸又可转化成茉莉酸甲酯，通过临近植株的气孔进入其体内，活化其防御基因合成蛋白酶抑制剂、酚类和生物碱等，并且其诱导效应高于乙烯。Farmer等（1990）利用西红柿幼苗做的实验也得出类似的结果。Baldwin等（2006）对VOCs调控的植物间信号传递过程作了详细地论述。

1.2 VOCs 在生态系统三级营养关系中的作用

VOCs在生态系统中的作用也非常重要，VOCs在“植物-植食性昆虫-天敌”三级营养关系中的作用已成为现在化学生态学研究的热点之一。VOCs不仅招徕传粉的昆虫，影响其寄主选择、产卵行为、择偶行为，近年来的研究还表明植物可以通过给予捕食动物食物奖励吸引捕食动

物的到来,从而给草食动物造成压力,为我们的化学生态学研究指明了新的方向。目前对VOCs的研究主要集中在植物和昆虫两个方面:植物方面,侧重于VOCs的变化和生物合成途径,蛋白和基因的表达等;昆虫方面,侧重于对天敌的吸引、昆虫的行为反应和包括VOCs在内的次生物质的毒性机理和生态作用,昆虫唾液成分中的诱导因素等。

1.2.1 植物释放的VOCs

许多植物的次生物质和基本代谢的中间产物,以VOCs的形式释放出来影响周围的其他生物。当植物组织受损(机械损伤或昆虫为害)时,相对分子质量在100-200之间的许多萜类、芳香酚类、醇类、醛类等,很容易挥发到空气中;未受损伤的植物,也可以通过张开的气孔、叶表皮和腺细胞释放出来,不过释放速率就低多了。植物周围空气中的VOCs可能有数百个,通常有一个或几个主导化合物。Buttery和Ling(1984)研究发现玉米叶周围空气中的VOCs至少有24种,但75%的部分是7种化合物。昆虫的取食为害可以促进植物释放VOCs,气体的成分与浓度与正常植株有很大区别。虫害诱导的VOCs种类很多,包括烯烃、烷烃羧酸和醇类等,其中占主导地位的是GLVs和萜烯(Gatehouse, 2002)。机械损伤或健康植物一般不产生或只产生少量的萜类物质(McCall et al., 1994),而在受植食性昆虫取食后,VOCs往往会包含大量的萜烯类物质(张瑛和严福顺, 1998)。

每种植物都有各自的挥发性物质,并以一定的比例组成该种植物的化学指纹图(周琮和梁广文, 2001)。同时许多植物VOCs的释放具有昼夜节律性,如油松(李金龙等, 1994),柿树(*Diospyros kaki*)和枣树(*Ziziphus jujuba*)(赵悠悠等, 2005)。除此之外,VOCs的诱导及释放是系统性的,即不但昆虫为害的部位会释放防御性的VOCs,同株植物没被侵染的部位也有VOCs的释放,这也形成了植物防御昆虫为害的系统工程中重要的一部分。

1.2.1.1 组成型VOCs

正常情况下,植物细胞、组织或器官中的挥发物或其前体中都有VOCs的存在,这些VOCs称为组成型VOCs,它们一般在昆虫取食后几分钟内就开始释放,取食结束或移走昆虫后往往很快就下降,主要包括绿叶气体(green leaf volatiles, GLVs)和一些成环的萜烯类物质(Turlings et al., 1998; Arimura et al., 2000)。GLVs有一种受损叶片所发出的“割草”气味,主要包括六碳的醇和醛(表1.1),这些气体是由叶片酯类氧化产生的,多以适当的量挥发出来(阎凤鸣, 2002)。不饱和醇和醛的前体是亚油酸,常可占叶片干重的1%以上。同一种特定植物所释放的GLVs的相对数量一定是一致的,有些昆虫可以通过感受这些种类的特定的GLVs的浓度,来区分寄

主和非寄主植物（阎凤鸣，2003）。

表1.1 植物释放的GLVs主要组分

醇类	醛类
3-(E)-己烯醇[3-(E)-hexenol]	3-(E)-己烯醛[3-(E)-hexenal]
3-(Z)-己烯醇[3-(Z)-hexenol]	3-(Z)-己烯醛[3-(Z)-hexenal]
2-(E)-己烯醇[2-(E)-hexenol]	2-(E)-己烯醛[2-(E)-hexenal]
己烯醇(hexenol)	正己烯醛(n-hexenal)

也有些植物能释放单萜，如Mattiacci等(1994)研究抱子甘蓝(*Brassica oleracea* var. *gemmifera*)叶片在健康、机械损伤、植食性昆虫取食、昆虫口腔分泌物处理这4种情况下释放出的GLVs和萜类物质质量，发现后两种情况下GLVs明显增加，而萜类物质的量在4种情况下基本相似。

1.2.1.2 诱导型VOCs

此外，有许多VOCs是受昆虫取食诱导后，启动基因经一系列酶促反应从头合成的，这些VOCs在昆虫取食几小时后才释放，且在以后几天内都可以检测到，包括烯烃、烷烃、羧酸和醇类等，但占主导地位的是六碳的GLVs和萜烯（主要包括大多数非成环萜烯(Paré & Tumlinson, 1999)，包括单萜（C10）、倍半萜（C15）和多萜（C20））。大部分植物在受到损伤后释放的VOCs通常都包括GLVs和萜烯（Gatehouse, 2002）。现在发现的萜类物质合成途径有两条：一条是甲戊二羟酸途径（Mevalonate-dependent pathway），另一条是甲基苏糖醇磷酸酯途径（Deoxyxylulose pathway），或者叫非甲戊二羟酸独立型途径（Mevalonate-independent pathway）(Rohmer et al., 1993)。这两条途径都能产生异戊烯焦磷酸(Isopentenyl-pyrophosphate, IPP)，再有各种萜烯合成酶合成单萜、倍半萜和多萜；第二条途径在合成诱导释放的单萜类物质中起主要作用（Baldwin & Preston, 1999）。

在诱导合成的过程中，有些由昆虫口腔分泌物中的特定成分激活，昆虫的口腔分泌物中某些成分能够增加VOCs的释放量(Röse & Tumlinson, 2005)。目前已分离出两类成分：一类是蛋白质，Alborn等(1997)从甜菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)口腔反刍液中分离鉴定出一种低分子量的脂肪酸衍生物N-(17-羟基-亚麻酰基)-L-谷氨酰胺(N-(17-hydroxylinolenoyl)-L- glutamine)，

他们把这种挥发物诱导素命名为Volicitin。研究表明Volicitin的N-(17-羟基-亚麻酰基)部分来源于植物, L-谷氨酰胺部分来源于甜菜叶蛾, 两者在幼虫的口腔分泌物中合成整体的Volicitin (Paré & Tumlinson, 1998)。机械损伤的玉米幼苗不会大量释放萜类化合物, 但把含有Volicitin的昆虫口腔分泌物涂到玉米伤口处, 玉米就会释放大量与幼虫取食相同的萜类化合物 (Alborn et al., 1997; Turlings et al., 2000)。另一类是小分子化合物, Mattiacci等(1995)在欧洲粉蝶(*Pieris brassicae*)幼虫口腔分泌物中发现一种 β -葡萄糖苷酶(β -glucosidase), 这种酶可诱导甘蓝释放VOCs (Mattiacci et al., 1995)。4,8-二甲基-1,3,7-壬三烯是昆虫取食所诱导的一种特异性的挥发物。在自然状态下, 它以 β -葡萄糖苷的形式储存在植物体内, 当昆虫取食叶片时, 被口腔中的 β -糖苷酶分解, 并以挥发物形式释放出来。

有的化合物则既可以成为组成型化合物也可以被诱导合成。如乙酸-3-己烯酯是植物受到虫害后普遍释放的一种GLVs, 但它在损伤后相当长时间内都可以检测到(Paré & Tumlinson, 1997; Koch et al., 1999)。Mattiacci等(1995)和McConn等(1997)的研究也证实了这一点。

1.2.1.3 VOCs释放的特异性

对同一种昆虫来说, 当它取食为害不同类群的植物时, VOCs的组成及释放量不同。Takabayashi等(1994)分析了被棉红蜘蛛(*Teranychus urticae*)取食为害的亲缘关系较远的利马豆(*Phaseolus lunatus*)、黄瓜(*Cucumis sativus*)、苹果(*Malus domestica*)、黄花大蒜芥(*Sisymbrium luteum*)4种植物, 发现它们产生的VOCs的组成差别较大。而对于亲缘关系很近的种来说, VOCs的差别比较小, 只表现在一些小含量的组分上(Wei et al., 2006)。

植物还能分辨同种昆虫不同龄期的幼虫, 从而做出不同的反应, 如菜豆(*Phaspolus vulgaris*)被成年潜叶蝇与其二龄幼虫为害后诱导释放的VOCs有明显的不同(Wei et al., 2006)。一般认为, 植物能对不同的昆虫及不同的龄期进行精确的分辨与昆虫口腔反刍液有关(黄翠虹, 2006)。

另外, VOCs诱导的量与植物被破坏的程度有关。相同龄期的幼虫, 密度越大诱导的量越多(Gouingueué et al., 2003); 同时破坏力大的取食方式也能诱导较多的VOCs, 如玉米中咀嚼式口器的昆虫能诱导大量VOCs, 而刺吸式口器的蚜虫基本不诱导VOCs(Turlings et al., 1998)。

随着分子生物学、细胞生理学等学科的发展, 人们逐渐认识到VOCs释放存在特异性在基因水平上的解释, 在这方面最好的例子是苯丙氨酸(phenylpropanoid)代谢中所涉及的酶及其反应。代谢途径中的第一个酶是苯丙氨酸氨基裂解酶(phenylalanine ammonia lyase, PAL),

以多种形式存在，以诱导的方式不同而不同。在皱叶欧芹 (*Petroselinum crispum*) 中，PAL 至少受4个基因控制，每一种以不同的比率或以诱导出不同的量的终产物对紫外线、伤害和化学刺激做出反应 (Bowles, 1990)。可见VOCs的诱导过程并不是植物的被动反应，而是植物对外界环境变化的具体特性在次生代谢上做出的主动调节。

1.2.1.4 VOCs释放的系统性

一般来讲，VOCs的释放具有系统性，即植物体在遭受虫害后不仅受损伤部位，而且整株植物都会有VOCs的释放，从而对植食性昆虫的为害做出系统性的反应。Karban和Carey(1984)发现棉花被叶螨为害后长出的新生组织对同一种螨也具有很强的抗性。玉米和棉花植株在遭受虫害后，其同株上的健康叶也能产生VOCs，以萜烯类物质为主，这些萜烯是从头合成的 (Turlings & Tumlinson, 1992; Röse et al., 1996; Paré & Tumlinson, 1998)。Edward和Clarence等 (1990)用番茄做的实验同样得出类似的结论。

VOCs系统性的诱导和释放涉及植物体内复杂的信号转导过程。用茉莉酮酸(jasmonic acid, JA) 处理机械损伤的水稻也能诱导植物释放VOCs，并且能吸引稻虱缨小蜂 (*Anagrus nilaparvatae*) (Lou et al., 2005)。cis-Ja还可以诱导蚕豆产生VOCs (Brikett et al., 2000)。虫害诱导的VOCs的信号通路很可能涉及JA，但是JA通路并不能解释全部的VOCs诱导现象。

1.2.1.5 VOCs释放的节律性

释放诱导型化合物的植物在昆虫取食后，同一部位不同时间所释放的VOCs组成不同。如玉米被取食后，几分钟后就释放六碳醇醛，其含量在损伤结束后迅速下降；接着是早期释放的萜烯类，包括芳樟醇、3E-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene等；然后是吲哚和后期释放的萜烯类，包括石竹烯(carryophellene), TMT[(3E,7E)-4,8,12-trimethyl-1,3,7,11-tridecatetraene]等 (Turlings et al., 1998)。

Loughrin等(1994)发现甜菜叶蛾(*S. exigm*)取食棉花后诱导产生的开环式萜烯(罗乐烯、蛇麻烯等)的释放具有明显的昼夜节律性，且移走昆虫后这种节律性依然保持。合作杨(*Populus simonii*×*pyramibalis*)受到杨扇舟蛾(*Clostera anachoreta*)幼虫取食后，植物体内的萜烯合成酶基因的表达也具有昼夜节律性的特点(胡增辉, 2007)。这种节律性产生的机理可能包括糖苷键的断裂(Mattiacci et al., 1995)、并发生酸催化的醇脱氢反应使萜烯类碳氢化合物增多(Engel & Tressl, 1983)，也可能是植食性昆虫的侵害诱导出一系列萜烯合成酶，有待于进一步的探究。

不同时间的VOCs成分变化暗示了植食性昆虫在植物上停留时间的长短，同时VOCs有昼

夜节律的释放对于一些夜间活动的昆虫具有特殊意义, 可见VOCs在植物-昆虫生态系统中发挥重要作用(Takabayashi et al., 1994; Honda et al., 1998; Koch et al., 1999)。

1.2.2 VOCs对植食性昆虫的影响

植食性昆虫取食可诱导植物产生富含萜烯类物质的VOCs, 而这种VOCs反过来又会影响植食性昆虫的种种行为活动, 具体体现在幼虫寄主选择、成虫产卵行为、求偶行为等方面, 可以说是和植食性昆虫的整个生命周期紧密联系, 息息相关(Reddy & Guerrero, 2004; 黄翠虹, 2006)。

1.2.2.1 幼虫寄主选择行为

昆虫为害后的植物释放大量的VOCs, 而这也使植物更加暴露在众多昆虫的感知范围内。VOCs会吸引同种昆虫, 也能排斥潜在的异种昆虫。实验表明, 二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)偏爱被同种所光顾过的黄瓜, 而避开被西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)所光顾过的黄瓜(Pallini et al., 1997)。玉米(*Zea mays*)被草地粘虫(*Spodoptera frugiperda*)幼虫咬食后6h释放出芳樟醇(Linalool), 能够吸引同种的幼虫(Carroll et al., 2006)。

昆虫诱导释放的VOCs对昆虫的寄主选择行为并没有特定的规律, 而是因昆虫和植物的具体情况而异的。对于昆虫来说, VOCs可能同时包含了正面和负面的信息(Bernasconi et al., 1998; Dicke & Van Loon, 2000)。正面的信息包括: 有食物来源, 尽管有竞争者, 但总比没有食物好, 因为健康寄主气味微弱难以寻找; 防御系统已经被其他昆虫克服, 植物变弱了, 对昆虫更敏感了。在这种情况下昆虫选择已经被感染的植物也能完成生长发育的过程。VOCs也可能包含负面信息: 寄主防御系统可能已经启动, 可能已经开始产生有毒的次生代谢物了; 寄主的可口程度和营养含量开始下降了; 寄主上已经有其他植食性的竞争者存在; 寄主植物可能吸引天地。在这种情况下VOCs能够让其他植食性昆虫产生趋避行为。

1.2.2.2 成虫产卵行为

大部分鳞翅目成虫都避免在大量释放VOCs的植物叶片上产卵。烟草(*Nicotiana tabacum*)受损伤后, 在夜间释放(E)-2-hexenal、(Z)-3-hexenyl butyrate、(Z)-3-hexenyl isobutyrate、(Z)-3-hexenyl acetate、(Z)-3-hexenyl tiglate等化合物, 以排斥烟蚜夜蛾(*Heliothis virescens*)、谷实夜蛾(*Helicoverpa zea*)、烟草天蛾(*Manduca sexta*)产卵。部分GLVs只在夜间释放, 这对鳞翅目昆虫的雌性成虫在夜间寻找产卵场所具有重要的信号意义(De Moraes et al., 2001)。与幼

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库